

THREE-DIMENSIONAL SHAPE INPUT UNIT

Publication number: JP10068613

Publication date: 1998-03-10

Inventor: NORITA TOSHIO; YAGI FUMIYA; HIROSE SATORU

Applicant: MINOLTA CO LTD

Classification:

- international: **G01B11/24; B25J19/04; B25J19/04; G01B11/24; B25J19/02; B25J19/02; (IPC1-7): G01B11/24**

- European:

Application number: JP19970202812 19970729

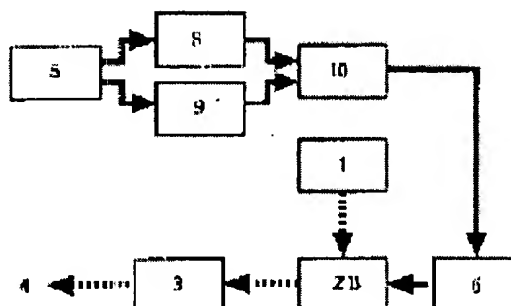
Priority number(s): JP19970202812 19970729

Report a data error here

Abstract of JP10068613

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a three-dimensional shape input unit in which measurement can be performed with an optimal angle of view depending on the distance to an object or the size thereof without complicating the structure. **SOLUTION:**

A light beam emitted from a light source 1 is deflected by an optical path deflector 2B which is driven at a predetermined speed by a scanning speed controller 6 to scan a specified region at all times. The angle of view of an image pickup system 5 is detected by an angle of view detector 9 which then delivers information to the scanning speed controller 6. According to the arrangement, the angle of view to be picked up can be altered by an angle of view altering means and a region corresponding to a first wide angle of view is scanned by a scanning means regardless of the image pickup angle of view. The scanning speed is controlled depending on the angle of view.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-68613

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月10日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 1 B 11/24

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 B 11/24

技術表示箇所

C

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平9-202812
(62) 分割の表示 特願平6-132998の分割
(22) 出願日 平成6年(1994) 6月15日

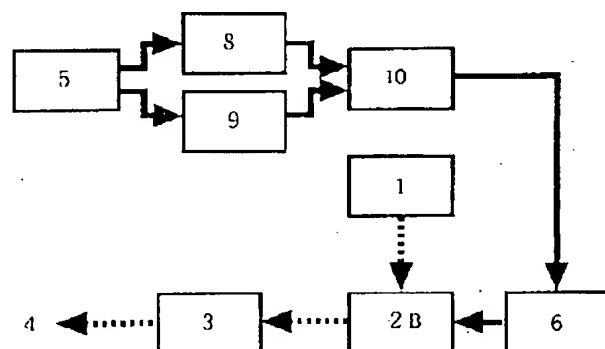
(71) 出願人 000006079
ミノルタ株式会社
大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号
大阪国際ビル
(72) 発明者 棚田 寿夫
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内
(72) 発明者 八木 史也
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内
(72) 発明者 広瀬 悟
大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

(54) 【発明の名称】 3次元形状入力装置

(57) 【要約】

【目的】対象物体までの距離や対象物体の大きさなどに
応じて最適な画角により測定できると共に、装置の構成
を複雑化すること無く測定可能とする。

【構成】光源1から発せられた光ビームは光路偏向装置
2Bにより進路を変更され、光路偏向装置2Bは走査速
度制御装置6により所定の速度で駆動され常に一定の領
域が走査される。撮像系5の撮像画角は画角検出装置9
により検出され、その情報は走査速度制御装置6へ送ら
れる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 対象物体の表面へ向けてスリット光を投光するとともに、このスリット光により対象物体の表面を走査する走査手段と、
対象物体表面によるスリット光投光像を、走査手段から一定距離離れた位置で撮像する撮像手段と、
上記撮像手段の画角を第1の画角と第1の画角よりも狭い第2の画角とを切り換える画角変更手段と、
を有し、上記走査手段は上記画角の変更にかかわらず第1の画角に対応した領域を走査することを特徴とする3次元形状入力装置。

【請求項2】 更に、前記撮像手段の画角を検出する検出手段と、
検出された画角に応じてスリット光の走査速度を変更するよう前記走査手段を制御する制御手段とを有することを特徴とする請求項1記載の3次元形状入力装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は、スリット光を用いて3次元物体の形状測定を行う3次元形状入力装置に関する。

【0002】

【従来の技術】物体の3次元形状を測定する際に、光切断法を用いることが提案されている。光切断法とは、図1（詳細は後述）に示すように、対象物体表面にスリット光を投光し、その反射光をエリアセンサーなどで撮像することを基本とする。撮像された像の1点qに対応する対象物体上の点pの空間座標は、スリット光のなす平面Sが点qと撮像レンズの中心Oとを結ぶ直線に交差する点の座標として求められる。このように、1本のスリット光からスリット光上の物体表面各点の空間座標が求められるため、スリット光をスリット光の長手方向に垂直な方向に走査して画像入力を繰り返すことにより、対象物体全体の3次元形状の情報を得ることができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来提案されている3次元入力装置では、装置に対してあらかじめ決められた位置に対象物体を置く必要があった。このように対象物体の設置位置が限定されている他、撮像画角も一定であり、従って、撮像できる対象物体の大きさや解像度にも制限があった。しかしながら、自然物や生体の計測、あるいは、ロボットの視覚認識などの各産業分野において、さまざまな条件下で動作可能な3次元形状入力装置が不可欠となりつつある。

【0004】本発明の目的は、装置の小型化が進み可搬性が出てきた場合に備えて、対象物体までの距離・対象物体の大きさ・装置の解像度などの制限を出来るだけ取り払い、測定の自由度を高めた3次元形状入力装置を提供することにある。更に詳しくは、装置の構成複雑化すること無く、測定対象物体の大きさに応じた最適な状態

で測定できる3次元入力装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、対象物体の表面へ向けてスリット光を投光するとともに、このスリット光により対象物体の表面を走査する走査手段と、対象物体表面によるスリット光投光像を、走査手段から一定距離離れた位置で撮像する撮像手段と、上記撮像手段の画角を第1の画角と第1の画角よりも狭い第2の画角とを切り換える画角変更手段とを有し、上記走査手段は上記画角の変更にかかわらず第1の画角に対応した領域を走査することを特徴とする。

【0006】

【作用】上記構成によると、画角変更手段により撮像する画角が変更でき、そのときの走査手段による走査は撮像画角に関係なく画角の広い第1の画角に対応した領域が走査される。走査速度は画角に応じて制御される。

【0007】

【実施例】以下、図面に基づいて本発明の実施例を詳細に説明する。

【0008】3次元形状入力装置の基本構成を図1に示す。光源1から発生した光ビームが、ガルバノスキャナーやポリゴンスキャナーなどの第1の光路偏向装置2によりその光路を偏向され、円筒レンズ3によって一方向に引き伸ばされてスリット光となり、対象物体4上に投光される。このスリット光は、第1の光路変更装置2によりスリット光の長手方向に直交する方向に走査される。また、スリット光投光像は投光光学系から所定の距離だけ離して設置された撮像系5によって撮像される。

【0009】3次元形状入力装置を用いた実際の測定について、スリット光の長手方向に256点、走査方向に324点の距離情報を持つ画像（以下距離画像と呼ぶ）を生成する場合を例にとって説明する。この場合、撮像系5に備わる距離画像センサは少なくとも256×324画素を有する2次元CCDエリアセンサなどで構成されることになる。

【0010】極めて細い幅を与えられて投光されるスリット光は、距離画像用センサが1回の画像蓄積を行う間に、第1の光路偏向装置2により距離画像用センサの1ピッチ分だけ走査される。距離画像用センサはこの蓄積された画像情報を出力するとともに次の画像蓄積を行う。1回の画像蓄積により得られた画像情報に基づいて、スリット光の長手方向に直交する256列それぞれに受光量の重心位置が演算される。これが、距離画像用センサの1ピッチ分における256点の距離情報となる。受光されたスリット光投光像は対象物体の形状に対応して走査方向に変位しているので、得られた距離情報はスリット光が投光されている位置における対象物体の形状を表すことになる。この画像蓄積を、距離画像用センサのピッチ分、すなわち324回繰り返すことによ

り、 256×324 点の距離画像が生成される。

【0011】ここで、対象物体までの距離が変更された場合や、距離画像用センサによる撮像画角（すなわち、光学系の焦点距離）が変更された場合には、距離画像用センサにより撮像される対象物体領域が変化する（詳細は後述する）。

【0012】また、スリット光が距離画像用センサの1ピッチ分だけ走査する時間は、距離画像用センサが蓄積された画像情報を出力する時間に比べて十分に大きいことが必要である。走査速度が速すぎると、画像の蓄積時間が短くなってS/N比が下がり、距離情報の演算精度の低下を招く。しかしながら、走査速度があまりに遅すぎても、画像の蓄積時間が長くなりすぎてセンサが飽和するおそれがあり、これもやはり距離情報の演算精度の低下を招く。このようなことから、スリット光の走査速度は、距離画像用センサ面、すなわち撮像系の結像面上において一定の適切な値となるように設定されることが望ましい。

【0013】図2に、スリット光の走査速度の変更が可能な実施例の基本構成を示す。図中、実線矢印は情報の流れを示し、破線矢印は光ビーム及びスリット光の進行を示す。

【0014】光源1から発せられた光ビームは、第1の光路偏向装置2によってその進路を偏向される。第1の光路偏向装置2は、走査速度制御装置6により所定のタイミングで且つある速度で駆動される。さらに光路上には偏向角を操作可能な第2の光路偏向装置7が備えられ、光ビームは再度進路を偏向されて、円筒レンズ3でスリット光に引き伸ばされた後、最終的に対象物体4上に投光される。

【0015】一方、撮像系5は、物体距離検出装置8と画角検出装置9とを備え、それぞれ対象物体までの距離と撮像系5の撮像画角を検出する。物体距離検出装置8には、例えばオートフォーカスカメラに用いられる焦点検出装置などを用いればよく、画角検出装置9には、例えば撮像系がズームレンズ系の場合、レンズ駆動部分に備えられたエンコーダを用いればよい。物体距離検出装置8から出力される物体距離情報と画角検出装置9から出力される撮像画角情報は演算装置10に取り込まれる。演算装置10では、物体距離情報と撮像画角情報とに基づいて、その時点で撮像系5において観測されている視野の領域を推定し、その領域をスリット光でくまなく走査するための走査開始角及び走査終了角を決定する。走査範囲制御装置11は、演算装置10で決定された走査開始角及び走査終了角に基づいて、第2の光路偏向装置7を駆動してスリット光の投光方向を調節するとともに、光源1を制御して投光開始時間及び投光終了時間を調節することにより、スリット光の走査範囲を制御する。また、演算装置10では、決定された走査領域から、撮像系の結像面上におけるスリット像の移動速度を

所定の値とする走査速度が決定され、その情報に基づいて走査速度制御装置6が第1の光路偏向装置2を駆動する。

【0016】つまり、物体距離情報と撮像画角情報とに基づいて、走査速度制御装置6によりスリット光の走査速度が制御されるわけである。

【0017】以上の構成に基づくことにより、物体距離や撮像画角が変更されても、撮像系5の撮像領域はスリット光によりくまなく走査されるとともに、結像面上でのスリット光の移動速度も一定となる。

【0018】図3に本発明の第1実施例の説明図を示す。本実施例では、第2の光路偏向装置7としてガルバノスキャナーを使用している。尚、スリット光は紙面に垂直な方向に投光されている。いま、対象物体面S1の位置においてスリット光の走査領域P1と観測領域M1とが整合していた状態から、対象物体面がS2の位置に移動したとする。このとき、走査される領域がP2、撮像される領域がM2に変化するため、両者の間にずれが発生し、撮像されている領域中に走査されない部分Xが存在することになり不都合が生じる。そこで、物体距離検出装置8が検出する物体距離情報に基づいた演算装置10の演算結果に応じて、走査範囲制御装置11は、第2の光路偏向装置7を駆動しスリットの偏向角度を変更するとともに、光源1の投光開始時間及び投光終了時間を制御して走査開始角及び走査終了角をそれぞれ θ_s 及び θ_e だけずらす。これによって走査される領域がP3となり、撮像領域M2と整合する。

【0019】ここで、スリット光の走査速度が常に一定であるとする、撮像系の結像面上でのスリット光の移動速度は、走査領域が大きくなる（この実施例では、対象物体までの距離が大きくなる）に従って遅くなってしまい、距離による測定精度の差異を招く。このため、演算装置10が新たに決定された走査開始角と走査終了角から、撮像系の結像面上でのスリット光の移動速度を所定の値とする走査速度を演算する。走査速度制御装置6は、この演算結果に基づいて第1の光路偏向装置2の駆動速度を制御する。第1の光路偏向装置2は、走査角領域が最も大きくなければならない条件、実際には物体距離が最大（ただし測定可能領域内で）の場合に対応する大きさの偏向角領域で常に駆動される。

【0020】尚、第2の光路偏向装置7として、ガルバノスキャナーのような反射型の装置以外に、例えば屈折角を変更可能なプリズムを用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。さらに、第1の光路偏向装置2による偏向角領域は一定でよいので、例えばポリゴンスキャナーのような回転型のスキャナーを使用することにより、より高速の走査が可能となる。

【0021】図4に本発明の第2実施例の説明図を示す。この実施例では、光源1、走査速度制御装置2、円筒レンズ3により構成される走査系の全体あるいは一部

が可動装置7Aに取り付けられており、装置全体に対する設置角度が変更可能となっている。この可動装置7Aが走査範囲制御装置としての役割を果たす。

【0022】第1実施例と同様に、対象物体面がS1の位置からS2の位置に移動したとする。このとき、物体距離検出装置8により検出される物体距離情報をもとに、走査範囲制御装置11が、可動装置7Aを駆動して装置全体に対する設置角度を変更することでスリットの投光角度を変更するとともに、光源1の投光開始時間及び投光終了時間を制御して走査開始角及び走査終了角をそれぞれ θ_s 及び θ_e だけずらしている。これによって走査される領域はP3となり、観測領域M2と整合する。また、第1の光路偏向装置2による走査速度の変更制御は、第1実施例と同様に行われる。

【0023】本実施例によれば、第1実施例と同様に第1の光路偏向装置2にポリゴンスキャナーのような回転型のスキャナーを使用することができ、より高速の走査が可能である他、走査領域変更装置を光路上に設置しないので、スリット光量のロスが少なく済むという効果が得られる。尚、逆に走査系を固定とし、撮像系を可動装置に取付けて装置全体に対する設置角度を変更することにより走査領域と観測領域とを整合させても、同様の効果が得られる。

【0024】図5に本発明の第3実施例の説明図を示す。この実施例では、第1の光路偏向装置2Aとして、走査開始角、走査終了角、走査速度を変更可能な装置、例えばガルバノスキャナーを使用する。

【0025】この実施例でも、第1実施例と同様に、対象物体面がS1の位置からS2の位置に移動したとする。このとき、物体距離検出装置8により検出される物体距離情報をもとに、制御装置6/11が、光路偏向装置2/7の動作を制御して振角領域をR1からR2に変更するとともに、光源1の投光開始時間及び投光終了時間を制御して走査開始角及び走査終了角を θ_s 及び θ_e だけずらす。これによって走査される領域はP3となり、観測領域M2と整合する。走査速度の変更制御は第1・第2実施例と同様に行われる。

【0026】この第3実施例は、第1実施例における走査速度制御装置6と走査範囲制御装置11、及び第1の光路偏向装置2と第2の光路偏向装置7をそれぞれ一つの装置、すなわち制御装置6/11及び光路偏向装置2/7で実現したものと考えることができる。従って、装置の構成が簡略化される。

【0027】図6は、上述した第3実施例において、撮像系5の撮像画角が変更された場合の制御を説明するための図である。いま、撮像系5の画角が Φ_1 である状態において、走査領域P1と観測領域M1とが整合していた状態から、撮像系5の画角が Φ_2 、すなわちより広角側に変更されたとする。このとき、走査領域P1に対し観測領域がM2となって両者に差が発生し、観測されて

いる領域中に走査されない部分X及びX'が存在することになって測定に不都合が生じる。そこで、画角検出装置9により検出される画角情報をもとに、制御装置6/11が、光路偏向装置2/7の動作を制御して回転角をR1からR2に変更するとともに、光源1の投光開始時間及び投光終了時間を制御して走査開始角及び走査終了角を θ_s 及び θ_e だけずらす。これによって走査される領域はP2となり、観測領域M2と整合する。もちろん、走査速度の変更制御は光路偏向装置2/7により行われる。

【0028】図7は、第3実施例において、対象物体に奥行きDが存在することを考慮した場合の説明図である。物体距離検出装置8により距離が検出されるのは、物体距離検出装置8の設置条件にもよるが、多くの場合画面の中心に近い場所、例えば点Cである。ところが、この点Cの位置に物体面S1を置くと、観測領域M1に対し走査領域はP1となって、物体の奥行きをカバーしきれずに走査されない部分Xが生じる場合がある。そこで、物体距離検出装置8により検出された物体距離に物体の奥行きを考慮したオフセット Δd を加え、これをもって改めて物体距離と定める。この操作により、図7中で物体面はS2の位置に想定される。このS2に対する走査領域はP2となり、物体の奥行きをカバーすることができる。ここでオフセット Δd は、例えば以下のように決定することができる。いま、測定にあたり、撮像系の撮像素子上の任意の画素において走査方向に $-K1$ 画素 $\sim +K2$ 画素、即ち幅 $K1 + K2$ 画素分に相当する奥行きを一定して確保しようとするものとする。このとき、図8に示すように、物体距離検出装置8により検出される物体距離 $d1$ が、奥行きの最も撮像系よりの限界S1に一致するようにするには、幾何学的に次式で与えられる距離 $d2$ に仮定の物体面S2を置けばよい。即ち、

$$d2 = \alpha / \tan (\arctan (\alpha / d1) - K1 \cdot \Delta \theta)$$

ただし、撮像系5の撮像素子のスリット走査方向の1画素あたりの走査角を $\Delta \theta$ 、投光走査系の主点と撮像系の主点との撮像系光軸に垂直な方向の間隔である基線長を α とする。したがって、オフセット量は

$$\Delta d = d2 - d1 = \alpha / \tan (\arctan (\alpha / d1) - K1 \cdot \Delta \theta) - d1$$

で与えられる。尚、このとき奥行きの撮像系から最も遠い限界 $d3$ は次式で与えられることになる。

$$d3 = \alpha / \tan (\arctan (\alpha / d1) - K1 \cdot \Delta \theta - K2 \cdot \Delta \theta)$$

次に、第3実施例を例にとって、走査開始角、走査終了角、走査速度の決定法の一例について説明する。図9に示すように、投光走査系の主点と撮像系の主点とのY方向の間隔である基線長 α 、同じくZ方向の間隔であるZ方向オフセット d_{off} 、物体面距離 d 、撮像系に使用されている距離画像用センサのサイズ(イメージサイズ)

i、走査の開始及び終了の端部の領域に対しても3次元検出の奥行きを中央部と同じように確保するために受光視野よりも若干広い領域を走査するオーバースキャン量 δ 、画像センサのY方向の有効画素数 n_p 、そして撮像系の焦点距離 f が与えられたとする。このとき、走査開始角 $th1$ 、走査終了角 $th2$ 、走査角速度 ω は幾何学的に次式で与えられることになる。

$$【0030】th1(^{\circ}) = \arctan \left[\left\{ d(i/2 + \delta) / f + \alpha \right\} / (d + doff) \right] \times 180 / \pi$$

$$th2(^{\circ}) = \arctan \left[\left\{ -d(i/2 + \delta) / f + \alpha \right\} / (d + doff) \right] \times 180 / \pi$$

$$\omega = k \cdot (th1 - th2) / n_p \quad (k \text{は定数})$$

算出される $th1$ 及び $th2$ を、 f をパラメータとして、物体面距離を横軸にして図10に示す。同様に、算出される ω を図11に示す。但し本例は、イメージサイズ1/2インチ、定数 $k=1$ 、基線長 $\alpha=250\text{mm}$ とした場合である。この基線長により走査系と撮像系とに視差が生じるため、物体面距離に応じて開始角及び終了角が大きく変動する。尚、縦軸は撮像系光軸と投光スリットとのなす角である。

【0031】さて、ここまでの実施例では、対象物体までの距離あるいは撮像画角に応じてスリット光の走査領域（走査方向、及び、走査開始角と走査終了角）を変更するものを示してきた。しかしながら、対象物体までの距離あるいは撮像画角の変化に伴って変動する走査領域の全て（すなわち撮像系の視野の全て）をカバーするよ

うに、最初から十分に大きな領域をスリット光で走査することも可能である。この場合、測定領域外の無効な領域を走査する状況も生じるが、測定領域のみを走査するために必要な機構や制御が不要になり装置の簡略化という効果を奏する。

【0032】図12に、スリット光の走査速度の変更のみが可能（走査領域は常に一定）な実施例の基本構成を示す。図2と同様、実線矢印は情報の流れを示し、破線矢印は光ビーム及びスリット光の進行を示す。図2と異なっているのは、走査領域を変更するための走査範囲制御装置11及び第2の光路偏向装置7が存在しないことだけである。

【0033】図13及び図14に第4実施例の説明図を示す。本実施例は、前述の第3実施例に対して、走査領域の変更のために光路偏向装置2を駆動しないものである。図13は対象物体までの距離が変更される状況を、図14は撮像画角が変更される状況を示しており、それぞれ第3実施例の図5及び図6に対応している。尚、走査速度の制御には、前述した演算式をそのまま用いることが可能である。

【0034】以下の表1は、上述の各実施例1から4の走査範囲及び走査速度を実際に制御する装置の一覧を示したものである。

【0035】

【表1】

実施例	図面	走査範囲制御		走査速度制御
		方向	始点・終点	
第1実施例	図3	7	1	2
第2実施例	図4	7A	1	2
第3実施例	図5	2A	1	2A
第4実施例	図13	なし	なし	2B

【0036】続いて、撮像画角が変化する場合、スリット光の幅が同じままでは受光素子上で受光する画素数が変化するという問題について検討する。

【0037】スリット位置を精度よく検出するには、撮像系で見たスリットの幅、光量分布が常に一定になるのが望ましい。スリット光の幅が変化する場合、幅方向に対するスリット光の重心を演算するという方法も考えられるが、画角によりスリット幅が異なるため、重心の演算精度すなわち測定精度も画角に依存することになり好ましくない。例えば、スリット光がほぼガウス分布をしているとすると、スリット光が細くて受光画素数が少なすぎても重心演算精度は悪く（図15）、逆にスリット光が太すぎて受光画素数が多すぎても重心演算精

度は悪くなる（図16）。よって、スリット光の幅は、受光レンズの画角に関わらず、受光素子上では一定画素幅であることが望ましい。

【0038】例えば、画角の変化に連動してスリット光の幅が変化しなければ、受光レンズがズームして撮像領域が図17の領域Aから領域Bに変化した場合、エリアセンサのような受光面上での受光領域は、図18aの状態から図18bの状態に変化してしまう（定量的にはズーム比と同量だけ変化することになる）。これにより幅方向の受光画素数が変化するので、画角により測定精度が異なり、ズーム比が大きい場合には測定不可能な画角も存在することになる。

【0039】また、スリット光の長手方向に関しても、

撮像画角の変化に伴って不都合が生じる。例えば、図15において撮像範囲を領域Aから領域Bに変化させた場合、領域Aを適切に投光するように調整されたスリット光は、領域Bでは必要以上の範囲を投光し光量に無駄が発生する。

【0040】図19は第5実施例を示すものである。図19において、21は例えば半導体レーザーの様な光源（以下LD）。22は、LDからの光束を、平行光束に近い所定角度の広がりて射出させるコリメータレンズ。23は、コリメータレンズに入射する光束を規制するためのマスクである。このマスクは、レーザー光源から発生される光のうち、ガウス分布からはずれる光を遮光する。これによって光強度がガウス分布であるビームが得られ、受光される光もほぼガウス分布となる。

【0041】24、25は投影するスリット光の幅、長さを変更するレンズであり、24は一方向にのみ曲率をもつシリンダレンズA。25はシリンダレンズAの曲率方向に直交する方向に曲率をもつシリンダレンズBである。このようにシリンダレンズを2枚以上用いることにより、幅と長さの両方向を自由に制御可能なスリット光が容易に生成できる。つまり、コリメータレンズが射出される光束の光束径を光軸方向に単調に変化させるので、シリンダレンズの位置を光軸方向に変化させるとシリンダレンズへの入射高さが変わり、スリット光の形状を変化させることができるのである。従って容易な構成でスリット光の形状、すなわち幅と長さを任意に制御することができる。

【0042】例えば、シリンダレンズAの位置が図20のaの位置からbの位置まで距離D1変化した場合、コリメータレンズから射出角 γ で射出されている光線L1（射出光束の最外郭の光線）のシリンダレンズAへの入射高さ及び曲面C1への入射角が変わるので、シリンダレンズAの射出角も光軸に対し角度 $\theta a1$ から角度 $\theta a2$ まで変化する。シリンダレンズBについても同様である。従って、シリンダレンズAとシリンダレンズBを光軸方向に駆動することにより、対象物上でのスリット光の形状を所定の形状に変化させることができる。

【0043】それぞれのシリンダレンズの曲率は、シリンダレンズの駆動量と駆動に伴うスリット光の形状の変化率とから決定される。この際、コリメータレンズとシリンダレンズ間の距離や光束のコリメータレンズからの射出角がパラメータとして参照し、2つのシリンダレンズの駆動制御が容易になるようにするのが望ましい。例えば、2つのシリンダレンズの駆動ギア比が同じになるようにすれば、1個の駆動源での駆動が可能になり、装置の小型化や消費電力の省力化が可能になる。ここで、2つのシリンダレンズはそれぞれのシリンダレンズを保持するホルダ（図示されない）に保持され、このホルダは、例えばボールネジのような駆動手段を介して駆動源に接続されている。尚、駆動手段には、ラックとピニオ

ンやカムを使用しても構わない。

【0044】26は、例えばガルバノミラーのような光走査手段であって、光路中最も対象物側に配置される。この配置により投光するスリット光の方位角にかかわらず線形性の高いスリット光の投光が可能となる。本実施例とは逆に、光走査手段より対象物側にシリンダレンズを配置した場合、通常形状のシリンダレンズを使用すると投光角によってはスリット光の端部がゆがんでしまう。これを避けるためには、シリンダレンズの形状を走査起点を中心とする円弧状しなければならない、レンズ及び装置全体が大型となる。従って、本実施例の光学系の配置は、シリンダレンズ、及び、3次元測定装置の小型化を実現する。尚、前記光走査手段は回転多面鏡でも構わない。

【0045】本実施例では、3次元形状の測定を行うに先立って、受光素子で得られた像をモニターに映し出してフレーミングを行う。フレーミング中、操作者はモニター像を観察しながら測定装置の方位、受光レンズの焦点距離、位置を変更する。ズーミングにより受光レンズの焦点距離（すなわち撮像画角）が変更されると、受光レンズの位置に基づいて画角変動を検出する画角検出手段から、駆動量制御部へ信号が送られる。駆動量制御部は、送られてきた信号に基づいてシリンダレンズA、Bの駆動量を演算し、駆動信号を出力してシリンダレンズを駆動する。

【0046】この方法によれば、操作者が手を煩わすことなくビーム形状を最適化できる。例えば、受光レンズの画角を変化させることにより撮像倍率が $\beta 1$ （図21領域A）から $\beta 2$ （図21領域B）まで変化した場合、スリット光の幅W及び長さLをズーム前の $\beta 1/\beta 2$ 倍して、幅 $W \times (\beta 1/\beta 2)$ 、長さ $L \times (\beta 1/\beta 2)$ となるようにシリンダレンズA、シリンダレンズBを駆動する。この結果、受光素子上では図22のように受光レンズのズームにかかわらず幅、長さ共に一定となり、ズームによる精度変化の少ない3次元形状測定が可能となる。

【0047】また、受光レンズが高倍率比の場合、スリット光のサイズ変化も大きいので一定出力のLDでは受光素子の露光量の変化も大きい。従って、露光量を調節する露光量調節手段が必要となり、本実施例（図23）ではLD出力制御部1によって露光量を調節する。例えば、撮像系の撮像倍率が $\beta 1$ から $\beta 2$ まで $\beta 12 (= \beta 2/\beta 1)$ 倍変化することにより、スリット光の面積が $(1/\beta 12)$ の2乗倍だけ変化した場合、受光素子上での光量は $(1/\beta 12)$ の2乗倍となる。そこで本実施例では、前記画角検出部の出力から倍率 $\beta 12$ を求めると、必要露光量は画角が変化する前と比べて $(\beta 12)$ の2乗倍必要となるので、LD出力が $(\beta 12)$ の2乗倍となるようにLD出力制御部1でLD出力を制御する。この方法によれば、新たに機械的構成装置を追加

することなく調整できるので安価である。また、スリット光用の受光レンズとフレーミング作業を行う受光レンズが共通の場合でも、フレーミング用受光素子の露光量と独立して調整を行うことができ、最適な露光量で測定ができる。

【0048】また、露光量調節手段の変形例として、図24に示すように、前記画角検出部の出力から適当な露光量を得るために必要となる受光素子の利得を演算・制御する利得制御部を受光装置に設けることも可能である。演算される利得は、例えば、撮像倍率が $\beta 1$ から $\beta 2$ まで $\beta 12 (= \beta 2 / \beta 1)$ 倍変化することにより、スリット光の面積が $(1 / \beta 12)$ の2乗倍だけ変化した場合、受光素子上での光量は $(1 / \beta 12)$ の2乗倍となるので、画角が変化する前と比べて利得が $(\beta 12)$ の2乗倍となるように利得制御部で利得を制御する。この方法によれば、新たに機械的構成装置を追加することなく調整できるので安価である。また、スリット光の受光レンズとフレーミング作業を行う受光レンズが共通の場合でも、フレーミング用受光素子の露光量と独立して調整を行うことができ、最適な露光量で測定ができる。

【0049】また、露光量調節手段の別の変形例として、図25に示すように、受光素子の入射側に絞りを設け、前記画角検出部の出力から適当な露光量を得るために必要となる絞りの絞り量を演算・制御する絞り制御部を受光装置に設けることも可能である。例えば、撮像倍率が $\beta 1$ から $\beta 2$ まで $\beta 12 (= \beta 2 / \beta 1)$ 倍変化することにより、スリット光の面積が $(1 / \beta 12)$ の2乗倍だけ変化した場合、受光素子上での光量は $(1 / \beta 12)$ の2乗倍となる。従って、演算される絞り量は、画角が変化する前と比べて開口面積が $(\beta 12)$ 倍となる。

【0050】また、露光量調節手段のさらに別の変形例として、図26に示すように、受光素子の露光量がしきい値設定部で設定されたしきい値を下回っているか否かを判別する露光量検出部を設け、露光量がしきい値を下回ると判別された場合LD出力がしきい値を上回るようにLDの出力を制御することも可能である。この方法によれば、新たに機械的構成装置を追加することなく調整できるので安価である。また、スリット光の受光レンズとフレーミング作業を行う受光レンズが共通の場合でもフレーミング用受光素子の露光量と独立して調整を行うことができ、最適な露光量で測定ができる。

【0051】前記露光量調節手段は、単独で用いても相互に補うようにして構成しても構わない。例えば、露光量調節手段としてLD出力制御部・利得制御部・絞り制御部を設けた場合の流れ図を図27に記す。

【0052】上記第5実施例では2枚のシリンダレンズを用いたが、アナモフィックレンズを用いる構成も可能である。この場合、2枚以上のシリンダレンズを用いた

場合に比べて自由度が減るが、いずれかのシリンダレンズと同方向に円筒軸をもつビームエクスパンダをコリメータレンズとアナモフィックレンズの間に配置することにより、図20の h と γ をパラメータとして所望射出角が得られる。この方法によれば、シリンダレンズを最少1個にできるとともに、駆動部と駆動源も1個となり装置の小型化、低コスト化が可能となる。

【0053】図28は本発明の第6実施例を示す。第6実施例では、第5実施例に対して、発光部31・コリメータレンズ32・マスク33・シリンダレンズ34をそれぞれ3個ずつ有している。3個の発光部から発せられた光はシリンダレンズB通過後に1本のスリットとなって投光されるような入射条件で入射されるので、シリンダレンズ35は1個で十分であり低コストで調整も簡便になる。また、シリンダレンズ35通過後はビームが1本のスリット光となっているので、光走査手段36も1個で機能でき部品点数を減らせ、装置の小型化、低コスト化が可能となる。図29に示すように、シリンダレンズ35を通過後のスリットの長手方向の広がり角 i と隣り合うスリットの主軸のなす角 j の関係は、スリット投光面で常に各スリットの一部が重複するように保たれている。

【0054】また、ビーム強度がガウス分布しているものとする、外側の2本のビームのなす角 k (図29) が視野領域の画角の近傍となるようにするとともに、外側のビームと中央ビームとの出力比を調整することで、図30のような外側の方が光強度の強い分布が得られる。この強度分布であれば、受光レンズ通過後のコサイン4乗則、ケラレによる周辺光量の減少を補うことができる。この結果、撮像領域内の端まで精度の高い3次元形状の測定を行うことができる。

【0055】本実施例は、図31に示すように、1個のスリットでは視野領域を投光カバーできなくなるしきい値画角を設定するしきい値画角設定部と、設定されたしきい値画角と画角検出部からの画角の値を比較する画角比較部と、その結果に応じてLD3個をON、OFF制御するLD on、off制御部を有している。例えば、前記比較の結果、1個のLDでは視野領域をカバーできない場合、LD on、off制御部によって3個のLDを全てonにすることにより、視野領域全域を投光して測定を行う (図32)。この実施例によれば駆動部がなくなるので低消費電力化、部品点数減による低コスト化、装置の小型化が可能になる。図33にその流れ図を記す。

【0056】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明の3次元形状入力装置によると、撮像画角に関係なく十分に広い領域を走査するので、走査領域を制御するのに必要な機構や制御が不要となり装置の簡略化できる。更に、結像面上における走査速度が撮像画角に適した所定の値に制

御されるので、撮像画角が変化しても最適な測定ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】3次元形状入力装置の典型的構成を示す図である。

【図2】3次元形状入力装置の基本構成を示すブロック図である。

【図3】3次元形状入力装置の第1実施例の構成を示す図である。

【図4】3次元形状入力装置の第2実施例の構成を示す図である。

【図5】3次元形状入力装置の第3実施例の構成を示す図である。

【図6】第3実施例において撮影画角が変化した場合を説明する図である。

【図7】第3実施例において奥行きのある対象物体の場合を説明する図である。

【図8】第3実施例において奥行きのある対象物体の場合を説明する図である。

【図9】第3実施例において各種のパラメータを説明する図である。

【図10】第3実施例において走査角と物体面距離との関係を示す図である。

【図11】第3実施例において走査速度と物体面距離との関係を示す図である。

【図12】本発明の基本構成を示すブロック図である。

【図13】3次元形状入力装置の第4実施例の構成を示す図である。

【図14】第4実施例において撮影画角が変化した場合を説明する図である。

【図15】スリット光の受光分布の違いによる不具合を説明する図である。

【図16】スリット光の受光分布の違いによる不具合を説明する図である。

【図17】スリット光の幅が変化しない場合の不具合を説明する図である。

【図18】スリット光の幅が変化しない場合の不具合を説明する図である。

【図19】3次元形状入力装置の第5実施例の構成を示す図である。

【図20】スリット光の幅が変化する場合を説明する図である。

【図21】スリット光の幅が変化する場合を示す図である。

【図22】スリット光の幅が変化する場合を示す図である。

【図23】第5実施例における露光量調節部材の1例を示すブロック図である。

【図24】露光量調節部材の他の例を示すブロック図である。

【図25】露光量調節部材の他の例を示すブロック図である。

【図26】露光量調節部材の他の例を示すブロック図である。

【図27】露光量調節部材の他の例を示すブロック図である。

【図28】3次元形状入力装置の第6実施例の構成を示す図である。

【図29】3個のLDにより作られた1本のスリット光を示す図である。

【図30】スリット光の長手方向における光量分布を示す図である。

【図31】1個のLDによるスリット光を示す図である。

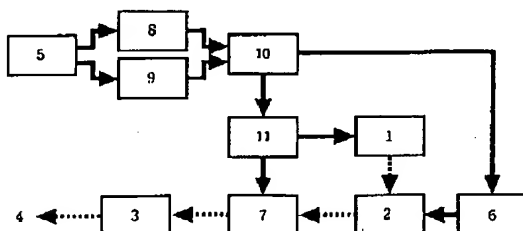
【図32】3個のLDによるスリット光を示す図である。

【図33】第6実施例における露光量調節部材の1例を示すブロック図である。

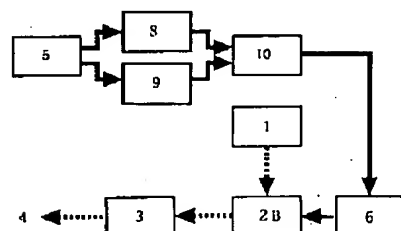
【符号の説明】

- 1 光源（走査手段）
- 2 光路偏向装置（走査手段）
- 5 撮像系（撮像手段、画角偏向手段）
- 6 走査速度制御装置（制御手段）
- 9 画角検出装置（検出手段）
- 10 演算装置（制御手段）

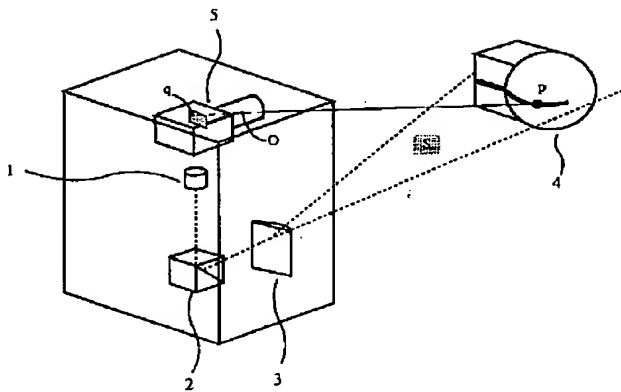
【図2】



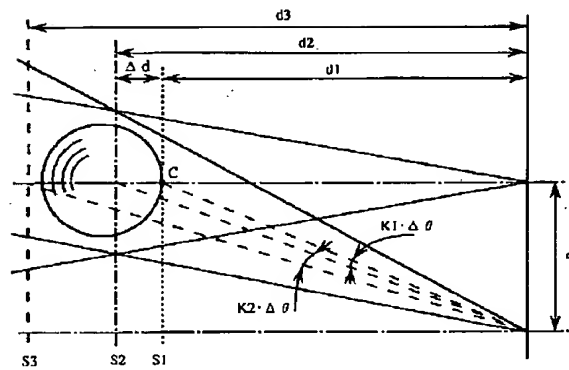
【図12】



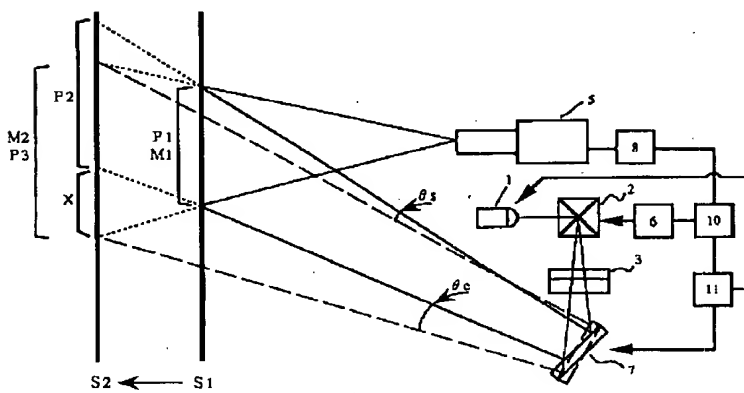
【図1】



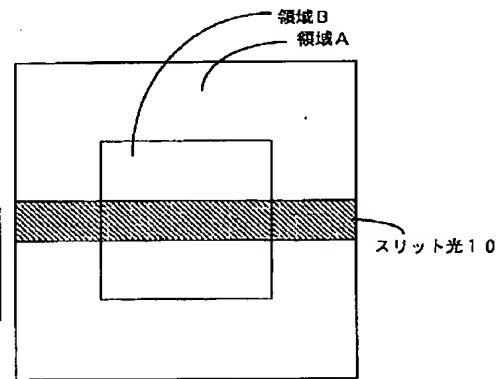
【図8】



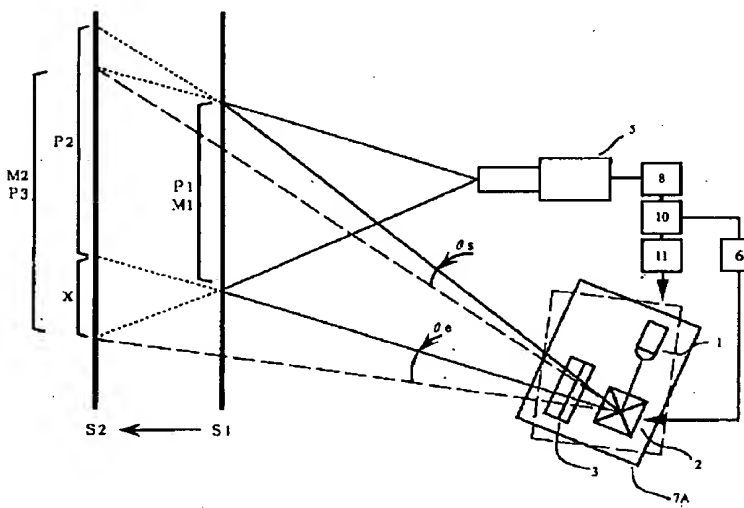
【図3】



【図17】



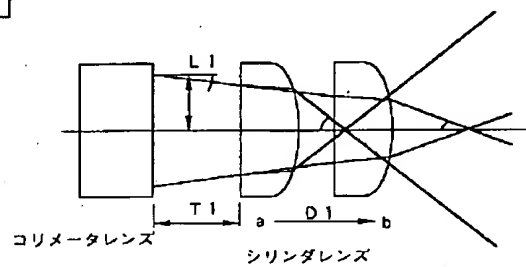
【図4】



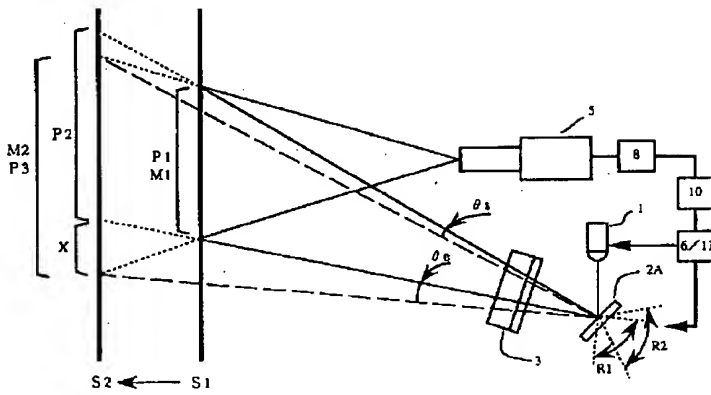
【図18】



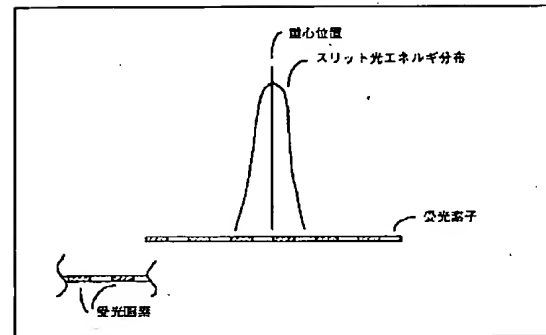
【図20】



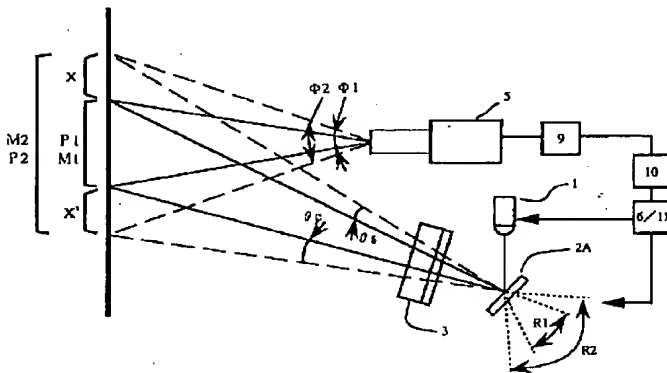
【図5】



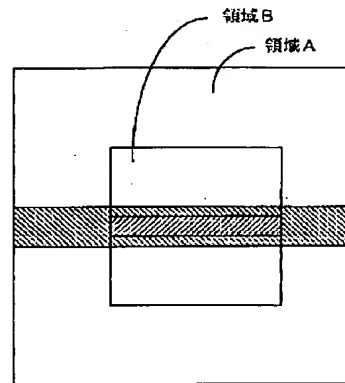
【図15】



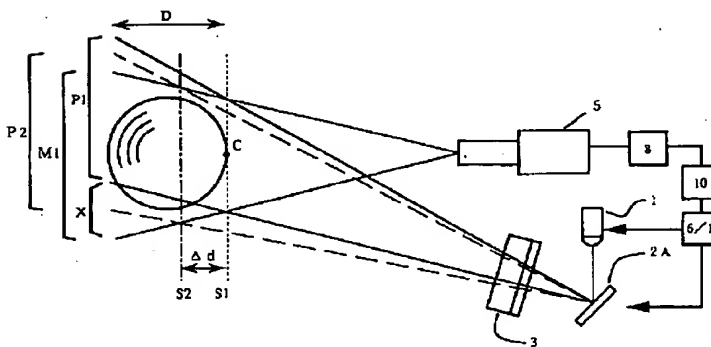
【図6】



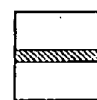
【図21】



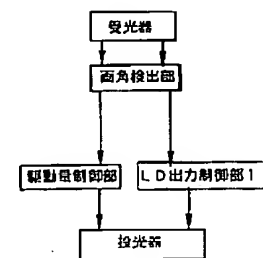
【図7】



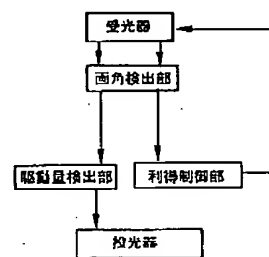
【図22】



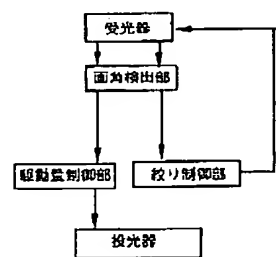
【図23】



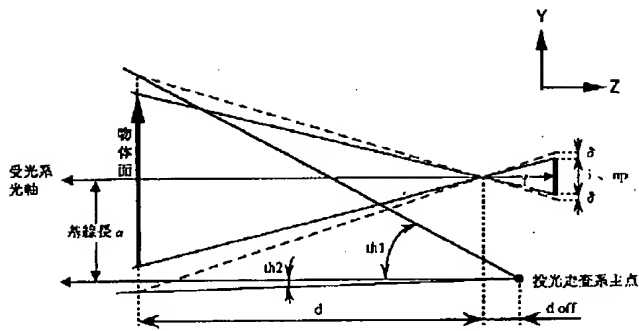
【図24】



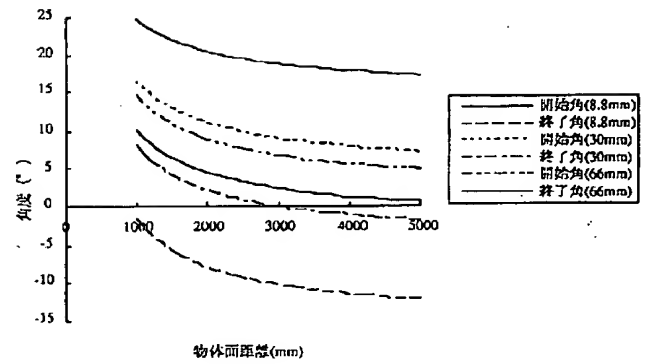
【図25】



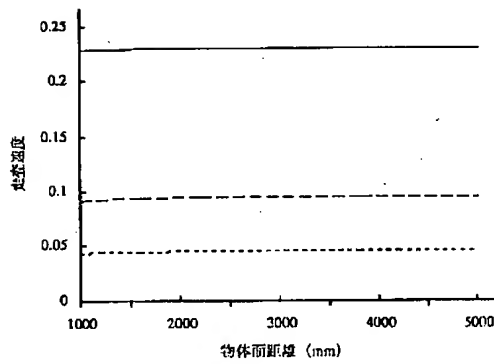
【図9】



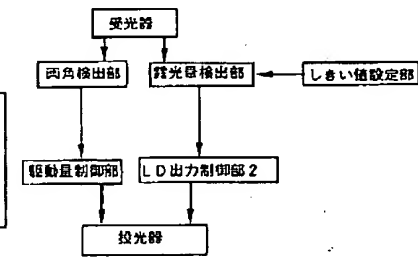
【図10】



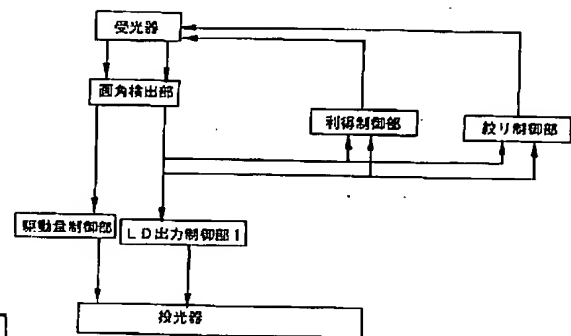
【図11】



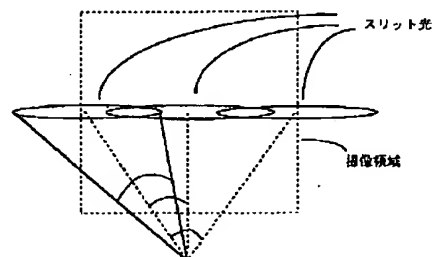
【図26】



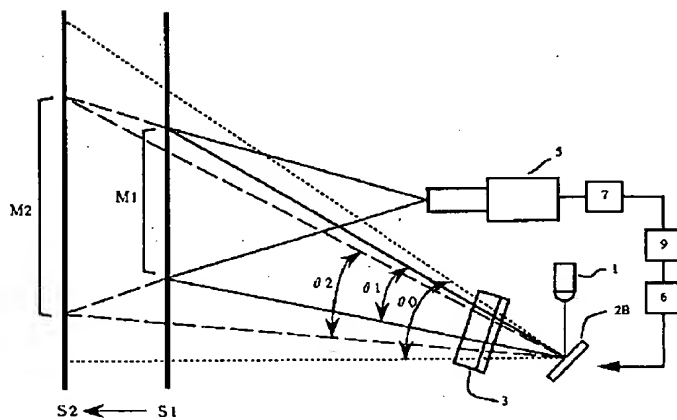
【図27】



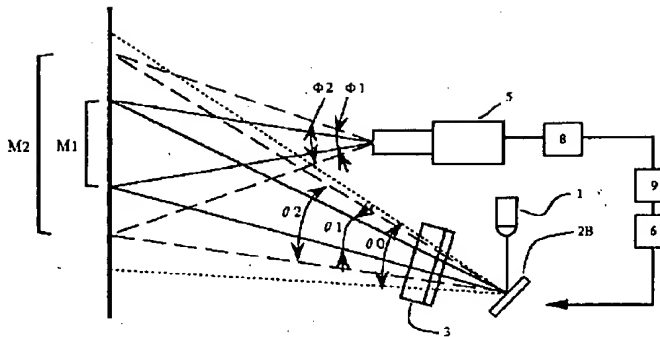
【図29】



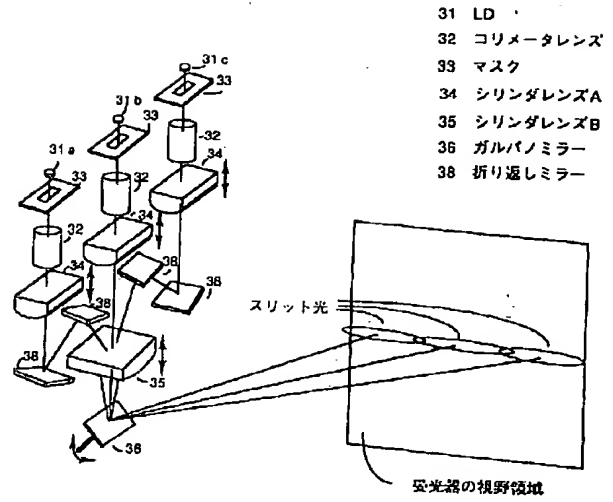
【図13】



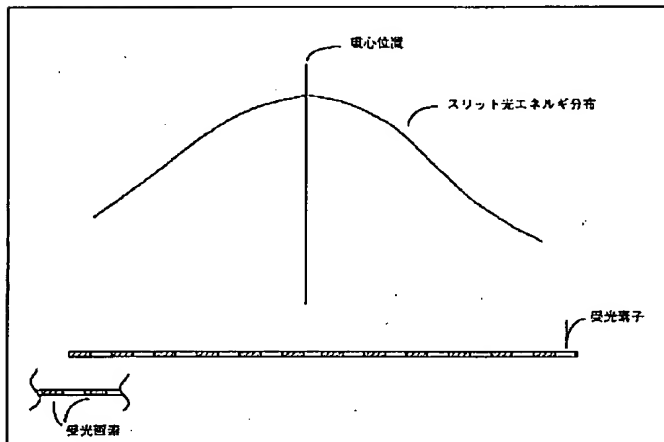
【図14】



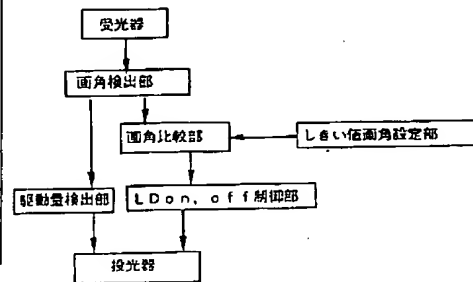
【図28】



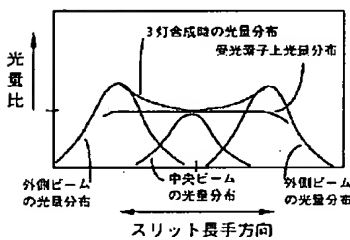
【図16】



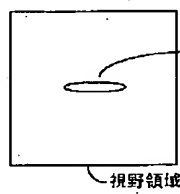
【図33】



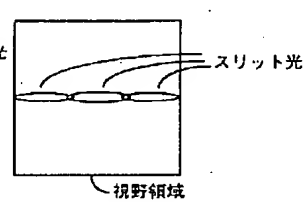
【図30】



【図31】



【図32】



【図19】

